IT & C

ISSN 2821 - 8469, ISSN – L 2821 - 8469, Volumul 2, Numărul 3, Septembrie 2023

Arhitectura de bază a rețelelor 5G

Nicolae Sfetcu

Sfetcu, Nicolae (2023), Arhitectura de bază a rețelelor 5G, *IT & C*, **2**:3, 17-25, DOI: 10.58679/IT90882, https://www.internetmobile.ro/arhitectura-de-baza-a-retelelor-5g/

Publicat online: 13.07.2023

Arhitectura de bază a rețelelor 5G

Nicolae Sfetcu[1]
nicolae@sfetcu.com

Basic architecture of 5G networks

Abstract

March 2019 saw the launch of the industry's first database tracking global 5G device launches. One of the most important innovations in the 5G architecture is the full virtualization of the core network (5GCN). For example, the "softwareization" of network functions will allow easier portability and greater flexibility of network systems and services (Control-User-Plane Separation, CUPS). New features and improvements brought by GPP specification version 16 are reflected in updates and additions to Core 5G features

Keywords: telecommunications networks, 5G communications, 5G, core network virtualization, GPP specification, Core 5G, 5G architecture

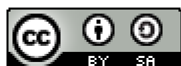
Rezumat

În martie 2019 s-a lansat prima bază de date din industrie care urmărește lansările de dispozitive 5G la nivel mondial. Una dintre cele mai importante inovații în arhitectura 5G este virtualizarea completă a rețelei de bază (5GCN). De exemplu, „softwarizarea" funcțiilor de rețea va permite o portabilitate mai ușoară și o flexibilitate mai mare a sistemelor și serviciilor de rețea (Separarea planului de control-utilizator, CUPS). Noile caracteristici și îmbunătățiri aduse de versiunea 16 a specificației GPP sunt reflectate în actualizări și adăugiri la funcțiile Core 5G

Cuvinte cheie: rețele de telecomunicații, comunicații 5G, 5G, virtualizarea rețelei de bază, specificația GPP, Core 5G, arhitectura 5G

[1] Cercetător - Academia Română - Comitetul Român de Istoria și Filosofia Științei și Tehnicii (CRIFST), Divizia de Istoria Științei (DIS)

IT & C, Volumul 2, Numărul 3, Septembrie 2023, pp. 17-25
ISSN 2821 - 8469, ISSN – L 2821 – 8469, DOI: 10.58679/IT90882
URL: https://www.internetmobile.ro/arhitectura-de-baza-a-retelelor-5g/



Introducere

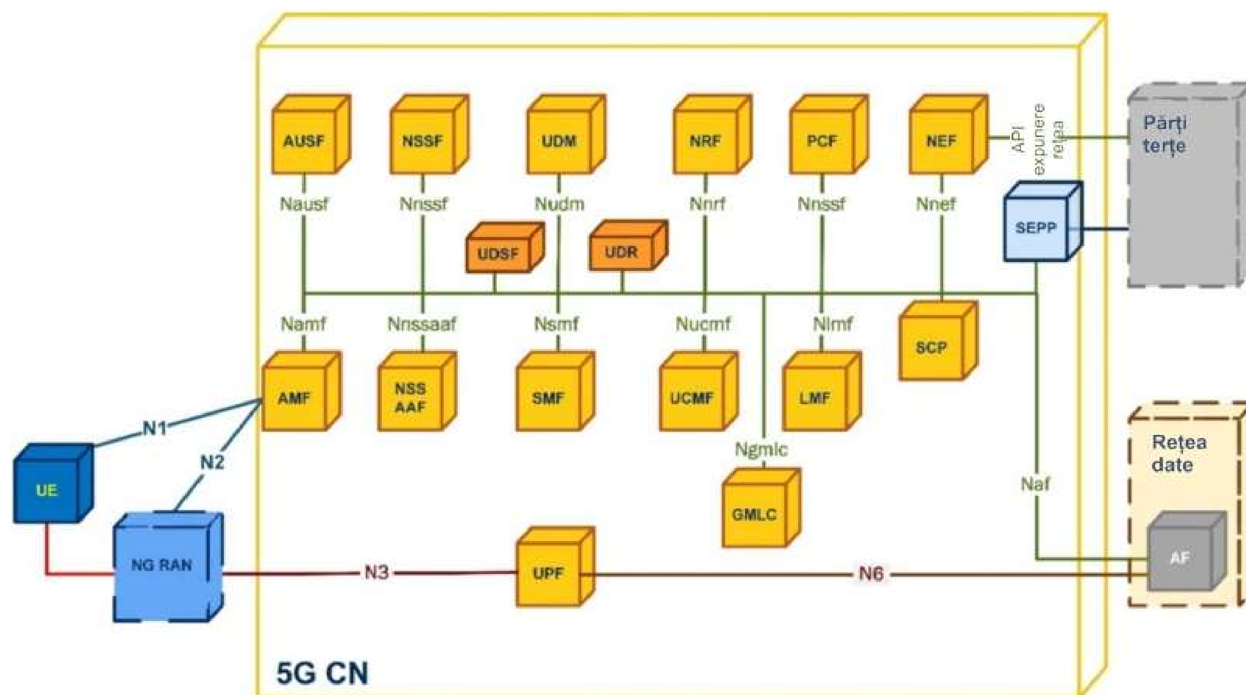
În martie 2019, Global Mobile Suppliers Association a lansat prima bază de date din industrie care urmărește lansările de dispozitive 5G la nivel mondial.[1] GSA a identificat 23 de furnizori care au confirmat disponibilitatea viitoarelor dispozitive 5G cu 33 de dispozitive diferite, inclusiv variante regionale. Au existat șapte factori de formă anunțați pentru dispozitive 5G: (telefoane (×12 dispozitive), hotspot-uri (×4), echipamente interioare și exterioare la sediul clienților (×8), module (×5), dongle și adaptoare Snap-on (×2)), și terminale USB (×1)).[2] Până în octombrie 2019, numărul de dispozitive 5G anunțate a crescut la 129, în 15 factori de formă, de la 56 de furnizori.[3]

În arena chipset-urilor 5G IoT, în aprilie 2019 existau patru chipseturi de modem 5G comerciale și un procesor/platformă comercială, fiind așteptate mai multe lansări în viitorul apropiat.[4]

Pe 6 martie 2020, a fost lansat primul smartphone 5G Samsung Galaxy S20. Potrivit Business Insider, caracteristica 5G a fost prezentată ca fiind mai scumpă în comparație cu 4G; gama începe de la 1.000 USD, în comparație cu Samsung Galaxy S10e, care a început de la 750 USD.[5] Pe 19 martie, HMD Global, actualul producător de telefoane marca Nokia, a anunțat Nokia 8.3 5G, despre care a susținut că are o gamă mai largă de compatibilitate 5G decât orice alt telefon lansat până atunci. Se pretinde că modelul de gamă medie, cu un preț inițial în zona euro de 599 EUR, acceptă toate benzile 5G de la 600 MHz la 3,8 GHz.[6]

Pe 13 octombrie 2020, Apple a anunțat iPhone 12 și iPhone 12 Pro, prima linie de telefoane Apple care acceptă conectivitate 5G. Apple a colaborat cu Verizon pentru a activa planurile 5G pe iPhone 12.

Arhitectura



Zoom-in arhitectura rețelei de bază

Una dintre cele mai importante inovații în arhitectura 5G este virtualizarea completă a rețelei de bază (5GCN). De exemplu, „softwarizarea" funcțiilor de rețea va permite o portabilitate mai ușoară și o flexibilitate mai mare a sistemelor și serviciilor de rețea (Separarea planului de control-utilizator, CUPS). Rețeaua definită de software (SDN) abstractizează funcționalități de rețea de nivel scăzut pentru a simplifica gestionarea rețelei. Virtualizarea funcției de rețea (NFV) oferă tehnologia de abilitare pentru plasarea diferitelor funcții de rețea în diferite componente de rețea pe baza nevoilor / cerințelor de performanță; și elimină nevoia de hardware specific funcției sau serviciului. SDN și NFV, completându-se reciproc, îmbunătățesc flexibilitatea rețelei, simplifică controlul și gestionarea rețelei, elimină bariera soluțiilor specifice furnizorului sau proprietății, și sunt astfel considerate extrem de importante pentru rețelele viitoare. Aceste noi tehnologii și concepte de rețea care se bazează în mare măsură pe „software" și virtualizarea funcțiilor de rețea vor introduce amenințări noi și complexe. Rețeaua centrală este partea centrală a infrastructurii 5G și permite toate funcțiile legate de tehnologiile multi-acces. Scopul său principal este de a furniza servicii pe toate tipurile de rețele (wireless, fixe, convergente).

Una peste alta, în noua specificație rețeaua de bază a fost modificată cu câteva funcții noi și câteva componente, în timp ce structura generală a rămas aproape neschimbată. Majoritatea funcțiilor adăugate sunt legate de probleme de localizare și implementarea serviciilor de localizare. În figura prezentată mai jos, aceste noi funcții au fost adăugate. În același timp, segmentarea a fost omisă în zoom-ul rețelei de bază, deoarece este inclusă într-un zoom specializat mai târziu în acest ghid. Rețeaua de bază a fost definită de 3GPP și structura sa este următoarea:

Descrierea elementelor rețelei de bază 5G sunt după cum urmează:

- **Element**
    - **Scurtă descriere**
- Funcția de acces și gestionare a mobilității (AMF)
    - (Așa cum este definit în 3GPP TS23.501 Secțiunea 6.2.117)
    - AMF poate include următoarele funcționalități:
        - Terminarea interfeței RAN CP;
        - Terminarea NAS, cifrarea NAS și protecția integrității;
        - Managementul înregistrării;
        - Managementul conexiunii;
        - Managementul accesibilității;
        - Managementul mobilității; Furnizarea transportului pentru mesajele SM între UE și SMF;
        - Proxy transparent pentru rutarea mesajelor SM;
        - Autentificare acces;
        - Autorizație de acces.
        - Furnizare transportul mesajelor SMS între UE și SMSF;
        - Funcționalitatea ancorei de securitate;
        - Gestionarea serviciilor de localizare pentru servicii de reglementare;
        - Furnizare transport pentru mesajele Serviciilor de localizare între UE și LMF, precum și între RAN și LMF;
        - Alocarea ID-ului purtătorului EPS pentru inter-lucru cu EPS; Notificarea evenimentului de mobilitate UE;
        - Suport pentru optimizarea controlului / planului utilizatorului IoT celular (CIoT);
        - Suport pentru autentificare și autorizare specifice rețelelor.
- Funcția de gestionare a sesiunii (SMF)
    - (Așa cum este definită în 3GPP TS23.501 secțiunea 6.2.2)
    - SMF poate include următoarele funcționalități:
        - Gestionarea sesiunii; Alocarea și gestionarea adreselor IP UE (funcții DHCPv4 și v6 (server și client));
        - Răspunde solicitărilor Protocolului de rezoluție a adreselor (ARP) și / sau solicitărilor vecinilor IPv6;
        - Selectarea și controlul funcției UP, inclusiv controlul UPF către proxy ARP sau IPv6 Neighbor Discovery;
        - Selectarea și controlul funcției UP;

        - Configurează direcția de trafic la UPF pentru a direcționa traficul către destinația corespunzătoare;
        - Închiderea interfețelor către funcțiile de control al politicii; Colectarea datelor de încărcare și suportul interfețelor de încărcare;
        - Controlul și coordonarea colectării datelor de încărcare la UPF;
        - Terminarea părților de gestionare a sesiunii din mesajele NAS;
        - Notificare date legătură descendentă;
        - Determinare modul sesiunii și continuitatea serviciului unei sesiuni.
        - Suport pentru optimizarea planului de control CIoT
        - Suport pentru compresia antetului;
        - Furnizarea de parametri externi (parametri de comportament UE așteptați sau parametri de configurare a rețelei);
        - Sprijină descoperirea Proxy-CSCF pentru serviciile IP Multimedia Subsystem (IMS);
        - Funcționalitate în roaming;
        - Gestionarea aplicării locale pentru aplicarea SLA-urilor QoS (VPLMN);
        - Colectarea datelor de încărcare și interfața de încărcare
    - (NOTĂ: Nu toate funcționalitățile trebuie să fie acceptate într-o instanță a unei secțiuni de rețea. În plus față de funcționalitățile SMF descrise mai sus, SMF poate include funcționalități legate de politici, așa cum este descris în clauza 6.2.2 din TS 23.50318)
- Funcția planului utilizatorilor (UPF)
    - UPF suportă:
        - Direcționarea și redirecționarea pachetelor;
        - Inspecția pachetelor;
        - Manipularea QoS;
        - Interceptare legală (colecție UP);
        - Raportarea utilizării traficului;
        - Acționează ca punct de sesiune PDU extern de interconectare la rețeaua de date (DN);
        - Este un punct de ancorare pentru mobilitatea intra și inter-RAT;
        - Funcționalitate pentru a răspunde la solicitările Protocolului de rezoluție a adreselor (ARP) și / sau la solicitările de solicitare a vecinilor IPv6 pe baza informațiilor cache locale pentru PDU-urile Ethernet;
        - Funcționalitatea translatorului în rețea sensibil la timp (TSN);
        - Comunicare cu latență ridicată, vezi clauza;
        - Accesare funcționalitatea de direcționare, comutare și divizare a traficului (ATSSS) pentru a direcționa traficul sesiunii PDU cu acces multiplu;
        - Funcționalitatea Inter PLMN UP Security (IPUPS).
- Funcția de control al politicii (PCF)
    - PCF suportă:
        - Cadrul de politici unificat;
        - Regulile de politică pentru funcțiile CP și
        - Accesarea informațiilor de abonament pentru deciziile de politică în UDR.
- Funcția de expunere în rețea (NEF)
    - NEF suportă:

        - Expunerea capabilităților și evenimentelor;
        - Furnizarea sigură de informații din aplicația externă către rețeaua 3GPP;
        - Traducerea informațiilor interne / externe;
        - NEF poate suporta, de asemenea, o funcție de gestionare a grupului 5GLAN: Funcția de gestionare a grupului 5GLAN din NEF poate stoca informațiile despre grupul 5GLAN în UDR prin UDM, așa cum este descris în TS 23.50219;
        - Expunerea analizelor;
        - Suport pentru livrarea de date non-IP;
        - Când UE este capabil să comute între EPC și 5GC, un SCEF + NEF este utilizat pentru expunerea la serviciu.
- Funcția de depozitare a rețelei (NRF)
    - NRF suportă funcția de descoperire a serviciilor și menține profilul NF și instanțele NF disponibile.
        - Suportă descoperirea Proxy-CSCF pentru serviciile IP Multimedia Subsystem (IMS);
        - Suportă descoperirea Serviciului de comunicare proxy (SCP) și menține profilul SCP al instanțelor SCP disponibile;
        - Notifică instanțele NF și SCP înregistrate / actualizate / radiate și menține starea de sănătate a NF și SCP.
- Managementul unfificat al datelor (UDM)
    - UDM suportă:
        - Generarea de acreditări de autentificare și acord cheie (AKA);
        - Manipularea identificării utilizatorului;
        - Autorizație de acces;
        - Gestionarea abonamentelor;
        - Gestionarea managementului grupului 5GLAN;
        - Suport pentru aprovizionarea parametrilor externi.
- Funcția de server de autentificare (AUSF)
    - AUF suportă autentificarea pentru acces 3GPP și acces non-3GPP de încredere.
- Funcția aplicației (AF)
    - AF interacționează cu rețeaua de bază pentru a furniza servicii, de exemplu pentru a suporta următoarele:
        - Influența aplicației asupra rutei de trafic;
        - Accesarea funcției de expunere la rețea;
        - Interacțiunea cu cadrul politic pentru controlul politicilor.
        - Interacțiunile subsistemului multimedia IP (IMS) cu 5G Core
- Depozitarea unificată a datelor (UDR)
    - UDR suportă următoarele funcționalități:
        - Stocarea și recuperarea datelor de abonament de către UDM;
        - Stocarea și recuperarea datelor de politică de către PCF;
        - Stocarea și recuperarea datelor structurate pentru expunere;
        - Datele aplicației (inclusiv descrierile fluxului de pachete (PFDs) pentru detectarea aplicației;
        - Informații despre cererea AF pentru mai multe UE), de către NEF.
    - (A se vedea, de asemenea, 3GPP TS23.501 secțiunea 6.2.11)

        - Stocarea și recuperarea ID-ului grupului NF corespunzător identificatorului abonatului (de ex. IMPI, IMPU, SUPI);
- Funcția de stocare a datelor nestructurate (UDSF)
    - UDSF este o funcție opțională care acceptă stocarea și recuperarea informațiilor ca date nestructurate de către orice NF.
- Funcția de selectare a segmentării de rețea (NSSF)
    - NSSF oferă servicii către AMF și NSSF într-un PLMN diferit prin intermediul interfeței bazate pe servicii Nnssf (consultați 3GPP TS 23.501 și 3GPP TS 23.502).
- Centrul de locație mobilă a porții de acces (GMLC) 20
    - GMLC conține funcționalități necesare pentru a sprijini serviciile de localizare (LCS). Într-un singur PLMN, pot exista mai multe GMLC.
    - Un GMLC este primul nod pe care un client LCS extern îl accesează într-un PLMN. AF-urile și NF-urile pot accesa GMLC direct sau prin NEF.
    - După efectuarea autorizării unui client LCS extern sau AF și verificarea confidențialității UE țintă, un GMLC transmite o cerere de localizare fie către un AMF care servește, fie către un GMLC într-un alt PLMN în cazul unui UE în roaming.
- Funcția de gestionare a localizării (LMF)
    - LMF gestionează coordonarea generală și programarea resurselor necesare pentru locația unui UE care este înregistrat cu sau care accesează 5GCN. De asemenea, calculează sau verifică o locație finală și orice estimare a vitezei și poate estima acuratețea obținută. LMF primește cereri de localizare pentru un UE țintă de la AMF de servire utilizând interfața Nlmf. LMF interacționează cu UE pentru a schimba informații de localizare aplicabile metodelor de poziție asistate de UE și bazate pe UE și interacționează cu NG-RAN, N3IWF sau TNAN pentru a obține informații de localizare.
- Serviciul de comunicare proxy (SCP)
    - Un serviciu NF este un tip de capacitate expus de un NF (producător de servicii NF) altui NF autorizat (consumator de servicii NF) printr-o interfață bazată pe servicii. Serviciile NF pot comunica direct sau indirect printr-un SCP.
    - Astfel cum este definit în 3GPP TS 23.501, Clauza 6.2.19, Serviciul de comunicare proxy (SCP) include una sau mai multe dintre următoarele funcționalități:
        - Comunicare indirectă;
        - Descoperire delegată;
        - Redirecționarea mesajelor și rutare către serviciul de destinație NF / NF;
        - Redirecționarea mesajelor și rutare către un următor SCP hop;
        - Securitatea comunicării (de exemplu, autorizarea consumatorului de servicii NF pentru a accesa API-ul producătorului de servicii NF), echilibrarea încărcării, monitorizarea, controlul supraîncărcării etc.
- Funcția de gestionare a capacității radio UE (UCMF)
    - UCMF este utilizat pentru stocarea intrărilor de dicționar corespunzătoare ID-urilor de capacitate radio UE atribuite fie PLMN, fie atribuite de producător.
    - Un AMF se poate abona cu UCMF pentru a obține de la UCMF noi valori ale ID-ului de capacitate radio UE pe care UCMF le atribuie în scopul memorării în cache a acestora local.
- Funcția de autentificare și autorizare specifică segmentului de rețea (NSSAAF)

  - Funcția de autentificare și autorizare specifică a segmentului de rețea (NSSAAF) oferă suport pentru autentificare și autorizare specifice segmentării rețelei, așa cum este specificat în TS 23.502 cu un server de autentificare, autorizare și acces (AAA-S).
- Nausf, Nnrf, Nudm, Nnef, Namf, Nmssf, Nsmf, Npcf, Naf, Nlmf, Ngmlc, Nssaaf, Nucmf
  - Acestea sunt interfețe bazate pe servicii prezentate de funcțiile planului de control 5G Core.
- N1
  - Punct de referință între UE și AMF.
- N2
  - Punct de referință între RAN și AMF.
- N3
  - Punct de referință între RAN și UPF.
- N6
  - Punct de referință între UPF și o rețea de date.

Elemente de noutate în versiunea 16

Noile caracteristici și îmbunătățiri aduse de versiunea 16 a specificației GPP sunt reflectate în actualizări și adăugiri la funcțiile Core 5G, așa cum sunt evidențiate în tabelul detaliat de mai sus. Cele mai importante îmbunătățiri și impactul acestora asupra 5G Core sunt prezentate mai jos:

Noile funcții sunt adăugate la setul de instrumente Core 5G, pentru a sprijini autentificarea specifică a rețelei (NSSAAF), serviciile de localizare (GMLC) și îmbunătățirile aduse specificațiilor funcțiilor existente care acceptă cazuri de utilizare, cum ar fi suport IoT celular, arhitectură ultra-fiabilă cu latență scăzută, servicii LAN 5G, rețea sensibilă la timp pentru IoT industrial, vehicul la toate (tehnologia V2X).

O îmbunătățire semnificativă pentru arhitectura bazată pe servicii este activarea comunicării indirecte și a descoperirii delegate prin intermediul serviciului de comunicare proxy. Acest lucru crește flexibilitatea, permițând comunicarea între funcțiile de rețea prin funcția de depozit de rețea (NRF) și serviciul de comunicare proxy (SCP).

Îmbunătățirile în funcțiile de expunere la analiza rețelei sunt un factor important pentru automatizarea rețelei în sistemul 5G.

O altă caracteristică furnizată este optimizarea semnalizării capacităților radio (Radio Capabilities Signalling, RACS) prin semnalizarea optimizată a capacităților radio UE prin introducerea mapării ID-ului RACS la capacitatea radio UE în rețea. Asocierea dintre ID-ul RACS la capacitățile UE Radio va fi stocată în noua funcție de rețea UE (radio)m funcția de management a capabilității (Capability Management FunctionUCMF) și stocată în cache în AMF și gNB.

Funcția de segmentare a rețelei este îmbunătățită dincolo de autentificarea specifică a segmentării de rețea, cu topologii îmbunătățite SMF / AMF și cu suport inter-funcționare cu Sistemul de pachete Evolved, având în vedere implementările Non Standalone (NSA).

Bibliografie

(1) "GSA launches first global database of commercial 5G devices". Total Telecom
(2) "5G Device Ecosystem Report". GSA.
(3) "5G Devices: Ecosystem Report". GSA. September 2019
(4) "LTE, 5G and 3GPP IoT Chipsets: Status Update". GSA. April 2019.
(5) "5G is making the smartphones we love more expensive than ever". Business Insider. March 14, 2020.
(6) Collins, Katie (March 19, 2020). "The Nokia 8.3 is the 'first global 5G phone.' Here's what that means for you". CNET.3.3

Sursa: Sfetcu, Nicolae (2022). *Rețele de comunicații 5G*, MultiMedia Publishing, ISBN: 978-606-033-636-5, https://www.telework.ro/ro/e-books/retele-de-comunicatii-5g/